



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

⑪ Veröffentlichungsnummer:

0 238 710  
A2

⑫

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

㉑ Anmeldenummer: 86112943.5

㉓ Int. Cl.<sup>4</sup>: H 03 B 21/02

㉒ Anmeldetag: 19.09.86

㉔ Priorität: 26.02.86 CH 767/86

㉕ Anmelder: SIEMENS-ALBIS AKTIENGESELLSCHAFT,  
EGA1/Verträge und Patente Postfach, CH-8047 Zürich  
(CH)

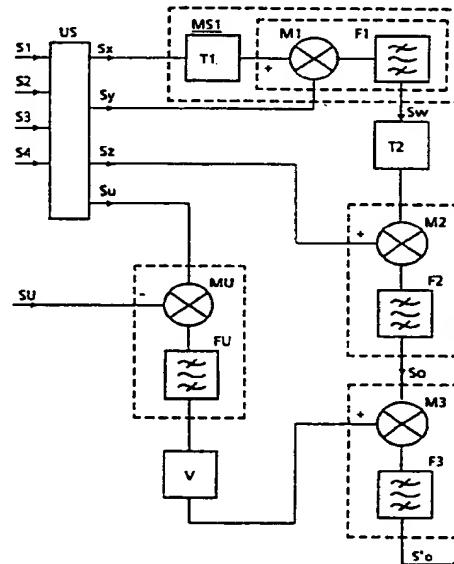
㉖ Veröffentlichungstag der Anmeldung: 30.09.87  
Patentblatt 87/40

㉗ Benannte Vertragsstaaten: CH DE FR GB IT LI NL SE

㉘ Erfinder: Bächtiger, Rolf, Eggäckerstrasse 119,  
CH-8966 Oberwil-Lieli (CH)

### ㉙ Frequenzsynthetisierer.

㉚ Der Frequenzsynthetisierer umfaßt eine Umschalteinrichtung (US), die eingangsseitig mit drei Signalen (S1, S2, S3), deren Frequenzen (f1, f2 bzw. f3) eine große Frequenzkonstanz aufweisen, beaufschlägt wird und ausgangsseitig drei durchgeschaltete Signale (Sx, Sy, Sz) abgibt, deren Frequenz jeweils gleich einer beliebigen unter den Eingangsfrequenzen ist. Dabei ist eine Mischerschaltung (M1, F1) vorgesehen, deren erster Eingang über einen Frequenzteiler (T1) mit einem der durchgeschalteten Signale (Sx) und deren zweiter Eingang mit einem anderen der durchgeschalteten Signale (Sy) beaufschlägt ist. Um Frequenzen f'omin ....f'omax zu erzeugen, deren relative Breite (f'omax - f'min)/f'min größer als die relative Breite (f4 - f1)/f1 der Eingangsfrequenzen f1 ....f4 ist, ist eine Mischereinheit (M3, F3) vorhanden, deren erster Eingang mit dem Ausgang der Mischerschaltung (M1, F1) verbunden und deren zweiter Eingang mit einem weiteren, über einen Frequenzvervielfacher (V) geführten durchgeschalteten Signal (Su) beaufschlägt ist.



EP 0 238 710 A2

Frequenzsynthetisierer

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Frequenzsynthetisierer nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

5 Aus den IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. MTT-30, No. 5, Mai 1982, S. 686-693, insbesondere Fig. 9, ist eine Anordnung zur Frequenzsynthese bekannt, bei der verschiedene, von einem Hauptoszillator abgeleitete Frequenzen miteinander kombiniert werden. Zu diesem Zweck ist eine Anzahl hintereinandergeschalteter Mischstufen vorgesehen, die je einen Mischer mit einem vorgesetzten Frequenzteiler benutzen, um zwei von diesen Frequenzen wahlweise zu kombinieren, indem das Ausgangssignal des Mixers jeweils zur nächsten Stufe weitergeleitet wird. Damit können Ausgangssignale mit ausgezeichneter Kurz- und Langzeitstabilität geliefert werden, die zudem eine hohe Frequenzumschaltungsgeschwindigkeit aufweisen.

10 15 Eine solche Anordnung erweist sich jedoch als nachteilig im Hinblick auf eine Optimierung der Dämpfung der Nebenfrequenzen bei einem gegebenen Abstand der Nebenfrequenzen von der Nutzfrequenz.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, bei einer solchen Anordnung günstige Abstände der Nebenfrequenzen von der Nutzfrequenz zu erreichen und gleichzeitig die Dämpfung dieser Nebenfrequenzen zu verbessern.

Diese Aufgabe wird durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruches 1 dargelegten Massnahmen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in 25 weiteren Ansprüchen angegeben.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand einer Zeichnung beispielsweise näher erörtert. Es zeigt:

30 Fig. 1 das Blockschaltbild einer ersten Ausführung eines Frequenzsynthetisierers nach der Erfindung,

Fig. 2 das Blockschaltbild einer zweiten Ausführung eines erfindungsgemässen Frequenzsynthetisierers.

Der Frequenzsynthesizer nach Fig. 1 umfasst eine Umschalteinrichtung US, zwei Frequenzteiler T1, T2 und zwei Mischer M1, M2, denen je ein Filter F1 bzw. F2 nachgeschaltet ist. Die Umschalteinrichtung US weist vier Eingänge für je ein Signal S1, S2, S3, S4 der Frequenz f1, f2, f3 bzw. f4 und drei Ausgänge für je ein Signal Sx, Sy, Sz

5 der Frequenz fx, fy bzw. fz auf. Das Signal Sx wird über den Frequenzteiler T1 geführt und im Mischer M1 mit dem Signal Sy gemischt. Das Ausgangssignal Sw des Filters F1 wird über den Frequenzteiler T2 geführt und im Mischer M2 mit dem Signal Sz gemischt, wobei ein Frequenzteiler, ein Mischer und ein Filter jeweils eine Mischstufe, z.B. MS1 in Fig. 1, bilden. Am Ausgang des Filters F2 erscheint ein Signal So der Frequenz fo, welches dem Nutzsignal bzw. der Frequenz eines Frequenzsynthesizers nach dem Stand der Technik entspricht.

Der beschriebene Teil des Frequenzsynthesizers nach Fig. 1 funktioniert folgendermassen:

15 Die Frequenzen f1, f2, f3, f4 sind so gewählt, dass die Beziehungen

$$f_4 - f_3 = f_3 - f_2 = f_2 - f_1 = f_d$$

gelten. Die Umschalteinrichtung US ist derart ausgelegt, dass das Signal Sx wahlweise 20 eines der Signale S1, S2, S3 oder S4 ist oder mindestens eine der Frequenzen f1, f2, f3 oder f4 aufweist. Entsprechendes gilt für die Signale Sy und Sz. Die Frequenz fo des Nutzsignals So am Ausgang des Filters F2 ist somit, wenn die Teiler durch n dividiert,

$$f_o = f_z + (f_y + f_x/n) / n .$$

25

Da aber die Bedingungen der Umschalteinrichtung

$$\begin{aligned} f_x &= f_1 + i \cdot f_d & \text{mit } i = 0, 1, 2, 3 \\ f_y &= f_1 + j \cdot f_d & \text{mit } j = 0, 1, 2, 3 \\ f_z &= f_1 + k \cdot f_d & \text{mit } k = 0, 1, 2, 3 \end{aligned}$$

30 gelten, ergibt sich

$$f_o = f_1 (n^2 + n + 1) / n^2 + f_d (i + jn + kn^2) / n^2$$

und daraus

$$\begin{aligned} f_{omin} &= f_1 (n^2 + n + 1) / n^2 \\ f_{omax} &= (f_1 + 3 \cdot f_d) (n^2 + n + 1) / n^2 \end{aligned}$$

35

Die relative Breite des Ausgangsfrequenzbandes ist

$$B_{ro} = (f_{omax} - f_{omin}) / f_{omin} = 3 \cdot f_d / f_1$$

$$B_{ro} = 3 \cdot f_d / f_1 = (f_4 - f_1) / f_1 = B_{ri}$$

worin  $B_{RI}$  die relative Breite des Eingangsfrequenzbandes ist. In diesem Fall sind daher die relativen Breiten des Ausgangs- und des Eingangsfrequenzbandes gleich  $(f_4 - f_1) / f_1$ , so dass der Faktor  $p = B_{RO}/B_{RI} = 1$  ist.

5 Der erfindungsgemäße Frequenzsynthesizer nach Fig. 1 ist jedoch gegenüber einem bekannten Synthesizer derart erweitert, dass die Umschalteinrichtung US ein zusätzliches Signal  $S_U$  liefert, dessen Frequenz  $f_U$  ebenfalls gleich einer der Frequenzen  $f_1, f_2, f_3$  oder  $f_4$  sein kann. Dabei wird in einem zusätzlichen Mischer MU das Signal  $S_U$  mit einem weiteren Signal  $S_U$  gemischt und über die Reihenschaltung eines Bandpass-  
10 filters  $F_4$  und eines Frequenzvervielfachers V dem Eingang eines weiteren Mixers  $M_3$  zugeführt, der dieses Signal mit dem Ausgangssignal  $S_O$  des Filters  $F_2$  mischt. Dem Mischer  $M_3$  ist ein Bandpassfilter  $F_3$  nachgeschaltet, dem das Nutzsignal  $S_O'$  der Frequenz  $f_O'$  entnommen wird.

15 Der erweiterte Frequenzsynthesizer nach Fig. 1 funktioniert folgendermassen:

Wenn die Teiler  $T_1$  und  $T_2$  durch  $n$  dividieren und der Vervielfacher  $V$  mit dem Faktor  $m$  multipliziert, ergibt sich für die Frequenz  $f_O'$  der Wert

$$f_O' = f_z + f_y / n + f_x / n^2 + (f_U - f_U) \cdot m$$

20

und wegen der Bedingungen der Umschalteinrichtung

$$f_O' = f_O + (f_U - f_U) \cdot m .$$

In diesem Fall kann für  $f_U/f_1$  ein beliebiger Wert kleiner als 1, beispielsweise gleich 25 1/2, gewählt werden. Mit diesem Wert ergibt sich für  $f_O'_{min}$  und  $f_O'_{max}$

$$f_O'_{min} = f_O_{min} + m \cdot (f_1) / 2$$

$$f_O'_{max} = f_O_{max} + m \cdot (2f_4 - f_1) / 2$$

Daraus ergibt sich die relative Bandbreite des Ausgangsfrequenzbandes für die Schaltung nach Fig. 2 wie folgt

$$B'_{RO} = (f_O'_{max} - f_O'_{min}) / f_O'_{min} = p' \cdot B_{RI}$$

Nach einigen Umwandlungen resultiert

$$p'(n, m) = 2 (m \cdot n^2 + n^2 + n + 1) / (m \cdot n^2 + 2n^2 + 2n + 2)$$

35

Da der Faktor  $p'$  immer grösser als Eins ist, ergibt sich somit eine Erhöhung der relativen Ausgangsfrequenzbandbreite gegenüber der nicht erweiterten Schaltung nach Fig. 1.

Die allgemeine Formel für  $n = 4$  ist

$$p' (4, m) = (16m + 21) / (8m + 21)$$

5 aus der sich für  $m = 4$  der Wert

$$p'(4, 4) = 85/53$$

ergibt.

10

Somit ergibt sich im Fall von Fig. 1 für  $n = m = 4$  und  $f_U/F_1 = 1/2$  eine Ausgangsfrequenzbandbreite, die um den Faktor 85/53 grösser ist als die Ausgangsfrequenzbandbreite der nicht erweiterten Schaltung nach Fig. 1.

15 Der Frequenzsynthesizer nach Fig. 2 weist eine Umschalteinrichtung UR mit vier Eingängen für je ein Signal  $S_1, S_2, S_3$  und  $S_4$  der Frequenz  $f_1, f_2, f_3$  bzw.  $f_4$  und drei Ausgänge für je ein Signal  $S_a, S_b, S_c$  der Frequenz  $f_a, f_b$  bzw.  $f_c$  auf. Das Signal  $S_a$  wird über einen Frequenzteiler  $D_1$  mit Teilungsverhältnis  $n : 1$  dem ersten Eingang eines Mixers  $MX_1$  zugeführt, dessen zweiter Eingang mit dem Signal  $S_b$  beaufschlagt  
 20 ist. In einem zweiten Mixer  $MX_2$  wird das über ein Bandpassfilter  $BP_1$  geführte Ausgangssignal des Mixers  $MX_1$  mit einem Signal  $S_s$  der Frequenz  $f_s$  gemischt und das Mischprodukt über ein weiteres Bandpassfilter  $BP_2$  dem ersten Eingang eines dritten Mixers  $MX_3$  zugeführt. Das Signal  $S_c$  wird in einem vierten Mixer  $MX$  mit einem Signal  $S_V$  der Frequenz  $f_5$  gemischt und das Mischsignal der Frequenz  $(f_c - f_5)$  über die  
 25 Reihenschaltung eines Filters  $FIL$  und eines Frequenzvervielfachers  $VV$ , der mit dem Faktor  $m$  multipliziert, dem zweiten Eingang des dritten Mixers  $MX_3$  zugeführt, dessen Ausgangssignal nach Durchlaufen eines weiteren Bandpassfilters  $BP_3$  das Ausgangssignal  $S_o'$  der Frequenz  $f_o'$  darstellt.  
 30 Der Frequenzsynthesizer nach Fig. 2 funktioniert somit derart, dass für die Frequenz  $f_o'$  der Wert

$$f_o' = m \cdot f_c + f_b + f_a/n - (f_s + m \cdot f_5)$$

35 gilt. Daraus ergibt sich beispielsweise für  $f_s = f_1$  :

$$f_o'_{\min} = m \cdot f_1 + f_1/n - m \cdot f_5$$

$$f_o'_{\max} = m \cdot f_4 + f_4 + f_4/n - m \cdot f_5 - f_1.$$

Für die relative Ausgangs- bzw. Eingangsbandbreite gilt

$$B''ro = Bri (mn + n + 1)/(mn + 1 - mn \cdot f5/f1)$$

mit

5  $Bri = (f4 - f1)/f1$

und

$$p'' = B''ro/Bri = (mn + n + 1)/(mn + 1 - mn \cdot f5/f1)$$

In diesem Fall kann  $f5/f1$  einen beliebigen Wert kleiner als 1 haben, beispiels-  
10 weise 3/4.

Mit einem Frequenzsynthesizer nach der Erfindung können somit Ausgangsfre-  
quenzen  $f'omin \dots f'max$  erzeugt werden, deren relative Breite  $(f'omax -$   
15  $f'omin)/f'omin$  grösser als die relative Bandbreite  $(f4 - f1)/f1$  der Eingangsfrequenzen  
 $f1 \dots f4$  ist. Werden jedoch geringere Breiten der Ausgangsfrequenzbänder gefordert,  
so vereinfacht sich der Filteraufwand beträchtlich.

Der Frequenzsynthesizer nach der Erfindung kann selbstverständlich auch mit mehr  
als zwei oder drei kaskadierten Mischstufen, wie sie in den Figuren dargestellt sind,  
20 arbeiten.

## P A T E N T A N S P R U E C H E

1. Frequenzsynthesizer mit einer Umschalteinrichtung (US; UR), die eingangsseitig mit mindestens zwei Signalen (S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>), deren Frequenzen (f<sub>1</sub> bzw. f<sub>2</sub>) eine relativ grosse Frequenzkonstanz aufweisen, beaufschlagt wird und ausgangsseitig mindestens zwei durchgeschaltete Signale (S<sub>x</sub>, S<sub>y</sub>; S<sub>a</sub>, S<sub>b</sub>) abgibt, deren Frequenz jeweils gleich einer beliebigen unter den Eingangsfrequenzen ist, und mit einer Mischerschaltung (M<sub>1</sub>, F<sub>1</sub>; M<sub>X1</sub>, B<sub>P1</sub>), deren erster Eingang über einen Frequenzteiler (T<sub>1</sub>; D<sub>1</sub>) mit einem der durchgeschalteten Signale (S<sub>x</sub>) und deren zweiter Eingang mit einem anderen der durchgeschalteten Signale (S<sub>y</sub>) beaufschlagt ist, dadurch gekennzeichnet, dass eine ein Nutzsignal (S'<sub>o</sub>; S"<sub>o</sub>) liefernde Mischereinheit (M<sub>3</sub>, F<sub>3</sub>; M<sub>X3</sub>; B<sub>P3</sub>) vorhanden ist, deren erster Eingang mit dem Ausgang der Mischerschaltung (M<sub>1</sub>, F<sub>1</sub>; M<sub>X1</sub>, B<sub>P1</sub>) verbunden und deren zweiter Eingang mit einem weiteren, über einen Frequenzvervielfacher (V; VV) geführten durchgeschalteten Signal (S<sub>u</sub>, S<sub>c</sub>) beaufschlagt ist.
2. Frequenzsynthesizer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Ausgang der Mischerschaltung (M<sub>1</sub>, F<sub>1</sub>) und dem Eingang der Mischereinheit (M<sub>3</sub>, F<sub>3</sub>) die Reihenschaltung eines weiteren Frequenzteilers (T<sub>2</sub>) und einer weiteren Mischerschaltung (M<sub>2</sub>, F<sub>2</sub>) eingefügt ist, deren zweitem Eingang ein weiteres, von der Umschalteinrichtung (US) durchgeschaltetes Signal (S<sub>z</sub>) zugeführt wird.
3. Frequenzsynthesizer nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Eingang des Frequenzvervielfachers (V; VV) und dem ihm zugeordneten Ausgang der Umschalteinrichtung (US; UR) eine Mischereinrichtung (M<sub>U</sub>, F<sub>U</sub>; M<sub>X</sub>, F<sub>L</sub>) eingefügt ist, deren zweitem Eingang ein zusätzliches Signal (S<sub>U</sub>, S<sub>V</sub>) mit einer mindestens stufenweise konstanten Frequenz zugeführt wird.
4. Frequenzsynthesizer nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Ausgang einer Mischerschaltung (M<sub>X1</sub>, B<sub>P1</sub>) und dem Eingang der ihr nachgestalteten Mischschaltung oder Mischereinheit (M<sub>X3</sub>, B<sub>P3</sub>) eine zweite Mischereinrichtung (M<sub>X2</sub>, B<sub>P2</sub>) eingefügt ist, deren anderer Eingang mit einem weiteren Eingangssignal (S<sub>s</sub>) beaufschlagt ist.

0238710

SIEMENS-ALBIS AG

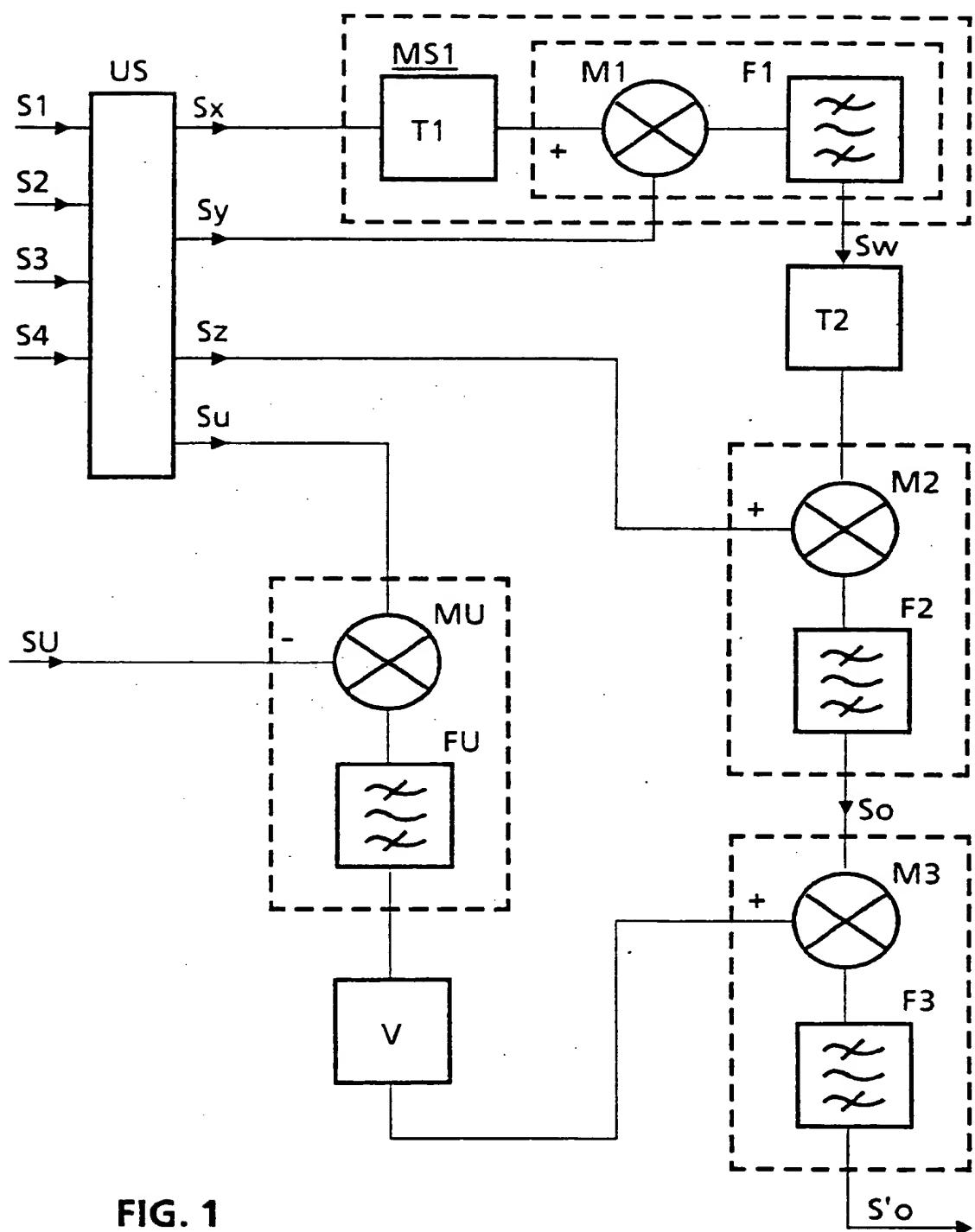
- 2 -

86P9802

5. Frequenzsynthesizer nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Frequenzteiler ( $T_1, T_2; D_1$ ) durch  $n = 4$  teilen.
6. Frequenzsynthesizer nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Frequenzvervielfacher ( $V; VV$ ) mal  $n = 4$  multipliziert.
7. Frequenzsynthesizer nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Eingang der ersten Mischereinrichtung (MU, FU; MX, FIL) mit einem Signal (SU; SV) beaufschlagt wird, dessen Frequenz ( $f_u; F_5$ ) kleiner als die kleinste Eingangsfrequenz ist.

0238710  
86P9802

1/2



**FIG. 1**

0238710

86P9802

2/2

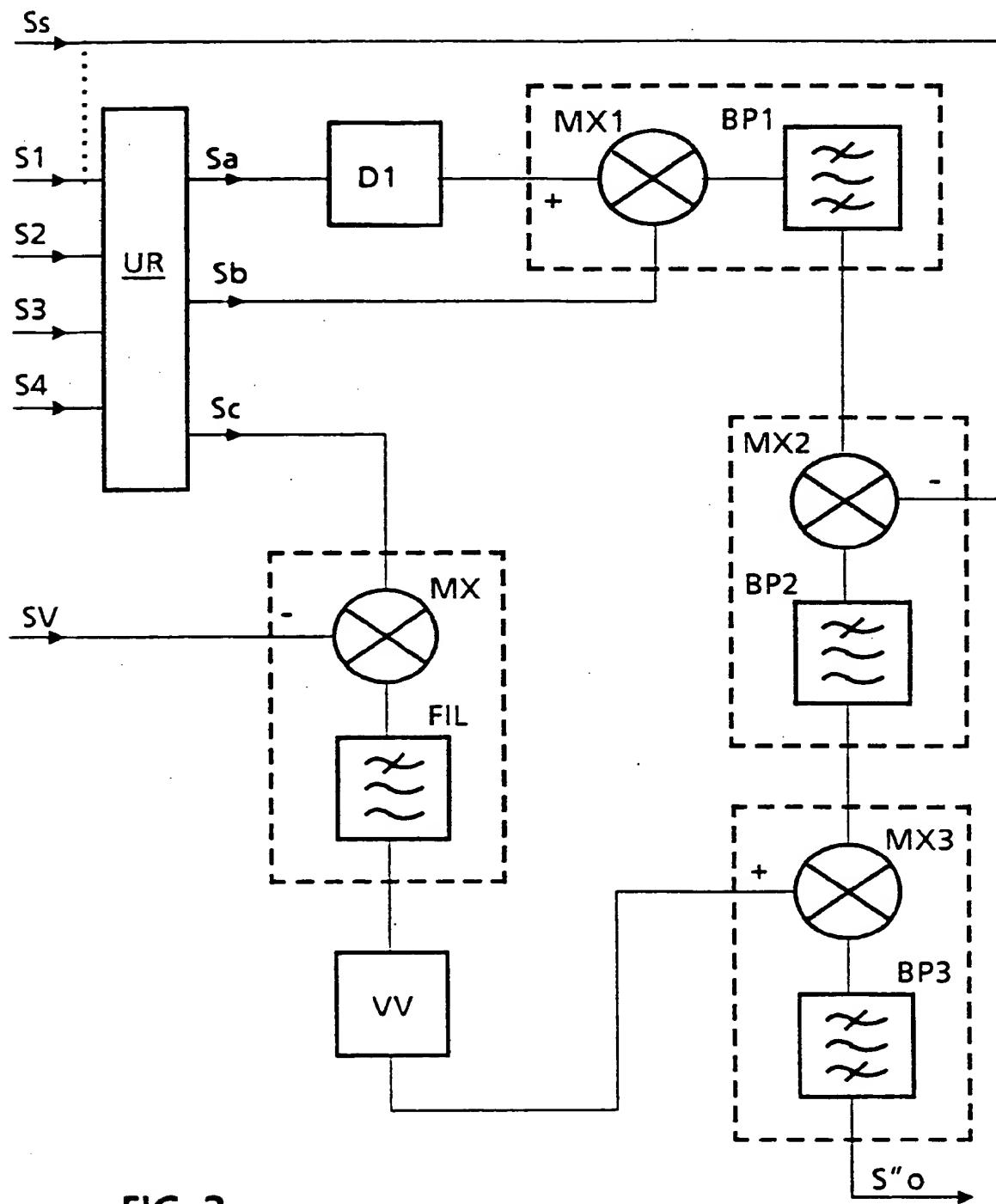


FIG. 2



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

⑪ Veröffentlichungsnummer:

0 238 710  
A3

⑫

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑬ Anmeldenummer: 86112943.5

⑮ Int. Cl.<sup>3</sup>: H 03 B 21/02

⑭ Anmeldetag: 19.09.86

⑯ Priorität: 26.02.86 CH 767/86

⑰ Anmelder: SIEMENS-ALBIS AKTIENGESELLSCHAFT  
EGA1/Verträge und Patente Postfach  
CH-8047 Zürich(CH)

⑰ Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
30.09.87 Patentblatt 87/40

⑱ Erfinder: Bächtiger, Rolf  
Eggäckerstrasse 119  
CH-8966 Oberwil-Lieli(CH)

⑲ Veröffentlichungstag des später  
veröffentlichten Recherchenberichts: 16.12.87

⑳ Benannte Vertragsstaaten:  
CH DE FR GB IT LI NL SE

㉑ Frequenzsynthesizer.

㉒ Der Frequenzsynthesizer umfasst eine Umschalteinrichtung (US), die eingangsseitig mit drei Signalen (S1, S2, S3), deren Frequenzen (f1, f2, bzw. f3) eine grosse Frequenzkonstanz aufweisen, beaufschlagt wird und ausgangsseitig drei durchgeschaltete Signale (Sx, Sy, Sz) abgibt, deren Frequenz jeweils gleich einer beliebigen unter den Eingangsfrequenzen ist. Dabei ist eine Mischerschaltung (M1, F1) vorgesehen, deren erster Eingang über einen Frequenzteiler (T1) mit einem der durchgeschalteten Signale (Sx) und deren zweiter Eingang mit einem anderen der durchgeschalteten Signale (Sy) beaufschlagt ist. Um Frequenzen f'omin ....f'omax zu erzeugen, deren relative Breite (f'omax - f'min)/f'min grösser als die relative Breite (f4 - f1)/f1 der Eingangsfrequenzen f1 ....f4 ist, ist eine Mischereinheit (M3, F3) vorhanden, deren erster Eingang mit dem Ausgang der Mischerschaltung (M1, F1) verbunden und deren zweiter Eingang mit einem weiteren, über einen Frequenzvervielfacher (V) geführten durchgeschalteten Signal (Su) beaufschlagt ist.

.../...

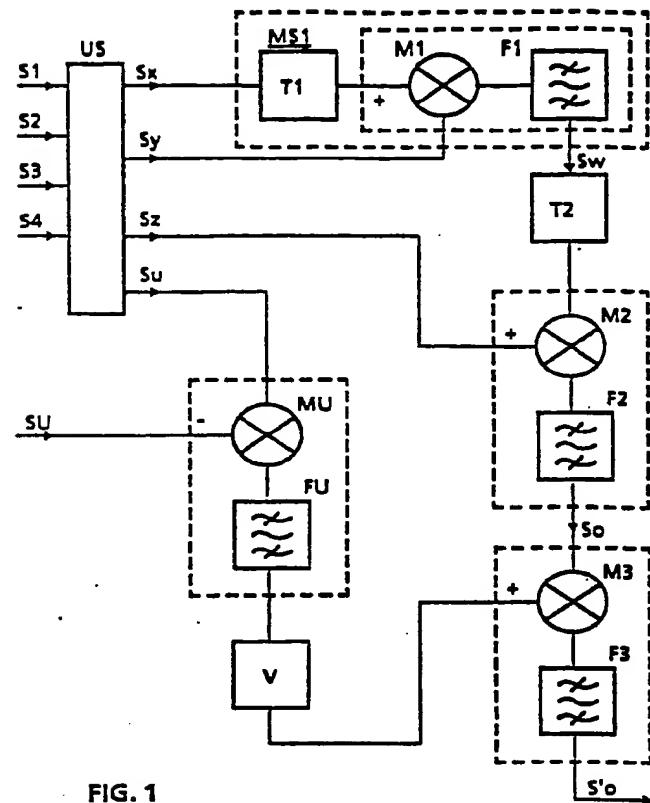


FIG. 1



Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

0238710  
Nummer der Anmeldung

EP 86 11 2943

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

| Kategorie   | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile  | Betrifft<br>Anspruch  | KLASSIFIKATION DER<br>ANMELDUNG (Int. Cl. 4) |  |  |
|---|--|-----------------------|--|--|--|
| X   | US-A-2 829 255 (V.W. BOLIE)<br><br>* Spalte 1, Zeile 60 - Spalte 9, Zeile 5; Spalte 15, Zeile 59 - Spalte 18, Zeile 27; Figuren 1,2 *  | 1,2,4-<br>6           | H 03 B 21/02                                 |  |  |
| A   | ---  | 3,7                   |  |  |  |
| A,D   | IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, Band MTT-30, Nr. 5, Mai 1982, Seiten 686-693, IEEE, New York, US; A.J. BUDREAU et al.: "A review of SAW-based direct frequency synthesizers"<br>* Seite 691, rechte Spalte, Zeile 5 - Seite 692, linke Spalte, Zeile 47; Figur 9 * | 1,2                   |  |  |  |
|   |  |                       | RECHERCHIERTE<br>SACHGEBIETE (Int. Cl.4)     |  |  |
|   |  |                       | H 03 B                                       |  |  |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                         |  |                       |  |  |  |
| Recherchenort<br>DEN HAAG   | Abschlußdatum der Recherche<br>05-10-1987  | Prüfer<br>BALBINOT H. |  |  |  |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE   |  |                       |  |  |  |
| X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet  | E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist   |                       |  |  |  |
| Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie | D : in der Anmeldung angeführtes Dokument  |                       |  |  |  |
| A : technologischer Hintergrund   | L : aus andern Gründen angeführtes Dokument  |                       |  |  |  |
| O : nichtschriftliche Offenbarung   | 8 : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument  |                       |  |  |  |
| P : Zwischenliteratur   |  |                       |  |  |  |
| T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze                                      |  |                       |  |  |  |